

BACKGROUND OF THE INVENTION

本発明は、光ファイバのコアおよびその近傍にグレーティング（屈折率の周期的摂動）を形成したグレーティングフィルタを用いて構成される光カップラに関するものである。

本発明は、光通信の分野で貢献すると思われる。特に、波長多重伝送において特定の波長のみを取り出す、あるいは、特定の波長の信号を追加する場合に有用な技術である。

以下に従来の透過型の光フィルタについて述べる。

一般に、光通信の分野では、透過型の光フィルタが必要なことが多いので、所定の波長帯域を透過させるためには、光ファイバグレーティングフィルタを光サーキュレータ等の光部品と組み合わせて使用する必要があった。Fig. 8は、光ファイバグレーティングフィルタの模式図を示す。また、Fig. 9は、光ファイバグレーティングフィルタの一般的な反射特性を示す。光ファイバ21に形成される光ファイバグレーティングフィルタ22は、所定の波長の光を反射し、その他の波長を透過させる機能を有し、狭帯域で波長選択性に優れかつ挿入損失がほとんど無い特徴を有する反射型フィルタである。通常の反射帯域は、1 nm程度であるが、特殊な製法を用いれば0.2 nm～10 nmの帯域も実現可能である。Fig. 10は、光ファイバ31の経路において、光サーキュレータ33と光ファイバグレーティングフィルタ32を組み合わせて、透過型の光フィルタを構成した例を示す。ポート①から入射した信号はポート②へ出力されるが、ポート②の途中に光ファイバグレーティングフィルタ32を設けると特定の波長（ここでは波長 λ_B ）のみ反射され再度光サーキュレータ33側に戻ってポート③から出力される。もし、ポート①から波長多重された複数の信号を入力すれば、波長 λ_B に対応する信号のみがポート③から出力されて、他の波長に対応する信号は全てポート②から出力される。すなわち、特定の波長 λ_B の信号を多重分離できる。

また、Fig. 11は光ファイバ41の経路において、光ファイバグレーティング

フィルタ 4 2 と光ファイバカップラ 4 3 を組み合わせて透過型の光フィルタを構成した例を示す。この例では、ポート①から入力した信号は光ファイバカップラ 4 3 で半分ずつ分かれポート③、ポート④に出力される。ポート③では光ファイバグレーティングフィルタ 4 2 で反射されて、波長 λ B に対応する信号が光ファイバカップラ 4 3 に再入力され、再び半分に分かれてポート①およびポート②に出力される。したがって、ポート②では入力された信号の $1/4$ が出力されることとなる。この場合も、ポート①から波長多重された複数の信号を入力すれば、波長 λ B に対応する信号のみがポート②から出力されて、他の波長に対応する信号は全てポート③から出力され、特定の波長 λ B の信号を多重分離できる。

また、Fig. 1 2 は光ファイバ 5 1 の経路において、光ファイバカップラ 5 3 の溶融延伸部に光ファイバグレーティングフィルタ 5 2 を形成して透過型の光フィルタを構成した例を示す。この例では、ポート①から入力した信号は光ファイバカップラ 5 3 によりポート④に出力されるが、光ファイバカップラ 5 3 の溶融延伸部分に光ファイバグレーティングフィルタ 5 2 を設けると特定の波長 λ B のみが反射され、ポート②に出力される。この場合も、ポート①から波長多重された複数の信号を入力すれば、波長 λ B に対応する信号のみがポート②から出力されて、他の波長に対応する信号は全てポート④から出力され、特定の波長 λ B の信号を多重分離できる。

上記の従来技術における問題点は、以下のとおりである。

まず、光ファイバグレーティングフィルタ 3 2 と光サーキュレータ 3 3 を組み合わせて用いる Fig. 1 0 の方法では、挿入損失がポート①からポート③間で 2 dB 程度で、特性的には優れているものの、光サーキュレータ 3 3 が高価であるという問題点があげられる。

また、光ファイバグレーティングフィルタ 4 2 と光ファイバカップラ 4 3 との組み合わせによる Fig. 1 1 については、光ファイバカップラ 4 3 は光サーキュレータ 3 3 に比べれば、安価なデバイスではあるが、挿入損失は最低でも 6 dB (すなわち $1/4$) となる。さらに、ポート③から出力される伝送信号全体が 3 dB (すなわち $1/2$) 低下する。

さらに、光ファイバグレーティングフィルタ 5 2 と光ファイバカップラ 5 3 と

の組み合わせによる Fig. 1 2 については、ポート②へ出力される特定の波長 λB の信号が、ポート①やポート④にも出力されて、ポート②へ出力される特定の波長 λB の信号は最低でも、0.4 dB（すなわち9/10）低下する。

SUMMARY OF THE INVENTION

本発明は上記の事情に鑑みてなされたもので、グレーティング内蔵型光カップラと光増幅器から構成され、信号の多重分離のみならず特定の波長を追加する機能を有し、不要になった励起光を有効に取り除くことができ、取り出す信号光効率の低下の影響を抑えることが可能となる。更に出来上がったデバイスは、上記の光サーキュレータ等の光部品を使用せず、全て光ファイバにより構成されるため伝送路との親和性がよく、低接続損失で安価な波長多重伝送システムを提供することを目的とする。

上記目的を達成するために本発明の光増幅機能を有する add-drop マルチプレクサは、2つの同一構造を持つグレーティング内蔵型光カップラと2つの光増幅器により構成させることを特徴とするものである。

また、本発明のグレーティング内蔵型光カップラは、ファイバカップラの溶融延伸部分にファイバグレーティングを形成したファイバカップラにおいて、グレーティングのピッチは長さ方向で均一構造であり、アポダイゼーションし、グレーティング長が2.0 mm、誘起屈折率変化が0.001であることを特徴とするものである。ここで、アポダイゼーションとは、Fig. 1 3に示すように光ファイバの長手方向においてグレーティングの誘起屈折率変化に窓関数を用いる者である。

BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWING

Fig. 1 は本発明の一実施形態例を示す構成説明図、

Fig. 2 は本発明の一実施形態例に係るテーパ形状の光ファイバカップラを示す側面図、

Fig. 3は本発明の一実施形態例に係る熔融延伸された光ファイバカップラを示す断面図、

Fig. 4は本発明の一実施形態例に係るBragg波長のポート2への出力特性を示す特性図、

Fig. 5は本発明の一実施形態例に係る励起光波長のポート3への出力特性を示す特性図、

Fig. 6は本発明の一実施形態例に係る出力波長特性（延伸比：0.1、テーパの長さ：20.5mm、波長帯：0.98 μ m）を示す特性図、

Fig. 7は本発明の一実施形態例に係る出力波長特性（延伸比：0.1、テーパの長さ：20.5mm、波長帯：1.55 μ m）を示す特性図、

Fig. 8は従来の光ファイバグレーティングフィルタを示す構成説明図、

Fig. 9は従来の光ファイバグレーティングフィルタの反射特性を示す特性図、

Fig. 10は従来の光サーキュレータと組み合わせて透過形光フィルタを構成した例を示す構成説明図、

Fig. 11は従来の光ファイバカップラと組み合わせて透過形光フィルタを構成した例を示す構成説明図、

Fig. 12は従来の光ファイバカップラの熔融延伸部にグレーティングを形成した透過形光フィルタを構成した例を示す構成説明図、

Fig. 13本発明の他の実施形態例に係る光ファイバグレーティングフィルタにおける、アポダイゼーションを示す説明図である。

DETAILED DESCRIPTION

以下に図面を参照して本発明の実施の形態例を詳細に説明する。

Fig. 1には、本発明の一実施形態例の構成図を示す。このマルチプレクサは、入力側グレーティング内臓型光カップラ1と、この入力側グレーティング内臓型光カップラ1の一方の入力側光ファイバ11に接続された信号光が入力される入力側光増幅器2と、前記入力側グレーティング内臓型光カップラ1の出力側の他

方の光ファイバ11Aに入力側の他方の光ファイバ11Aが接続され、出力側の一方の光ファイバ11と入力側の一方の光ファイバ11が接続されることなく配置された出力側グレーティング内蔵型光カップラ1Aと、この出力側グレーティング内蔵型光カップラ1Aの一方の出力側光ファイバ11に接続された信号光を出力する出力側光増幅器2Aと、前記入力側グレーティング内蔵型光カップラ1の入力側光ファイバ11Aに分波されたBragg波長を前記出力側グレーティング内蔵型光カップラ1Aの他方の出力側光ファイバ11Aに出力できるようにスイッチ14を介して接続する接続光ファイバ13とで構成されている。

なお、出力側グレーティング内蔵型光カップラ1Aの他方の出力側光ファイバ11Aには別のBragg波長を入力する入力手段を設けてもよい。

Fig. 1において、左方からの信号光は光増幅器により増幅され、光ファイバグレーティングカプラ(左)のポート1に入力される。ついで、光ファイバグレーティングカプラのBragg波長に対応する信号光のみがポート2に分波され、それ以外の信号光はポート4に出力される。次に、この出力された信号光は、左側のものとは対称に配置された光ファイバグレーティングカプラ(右)のポート4に投入され、さらにポート1へと出力される。またBragg波長に対応する信号光は、ポート2から合波され、ポート1に出力される。したがって、全ての信号光は、ポート2から合波され、ポート1に出力される。このとき、それぞれの光増幅器に用いられた励起光はおのこの光ファイバグレーティングカプラのポート3に出力し、減衰される。

Fig. 2には、テーパ形状の光ファイバカップラの側面図を示し、Fig. 3には、溶融延伸された光ファイバカップラの断面図を示す。ここで、11は光ファイバ、12は光ファイバグレーティングを形成したフィルタ、C0は溶融延伸されていない光ファイバ2本の幅、Cminは溶融延伸された光ファイバカップラの最も細い部分の幅、Lcは溶融延伸された光ファイバカップラのテーパ部分の長さ(ここでは、 $0.9C0$ 以下となる部分の長さ)、Lgはグレーティングの長さである、また、C0とCminの比を延伸比 τ とした。

Fig. 1におけるグレーティング内蔵型光カップラの作製法は以下のとおりである。まず、2本の光ファイバ11を加熱溶融延伸法により、溶融延伸して光ファ

イバカップラを作製する。次に、グレーティングの形成位置を決定する。本発明では、グレーティングはテーパ部の中心に対し対称に形成されているものとする。グレーティングの形成方法は、二光束干渉法もしくは位相マスク法を用いて、波長 244 nm 近傍の紫外光を側面から照射し、干渉により照射光の強度縞をつくる。紫外光の強度に応じて光ファイバコア部の誘起屈折率が変化するため、グレーティングが形成される。本実施形態では、対象とする信号波長を $1.55\text{ }\mu\text{m}$ 帯にしたので、干渉縞のピッチは約 $0.5\text{ }\mu\text{m}$ とした。

まず、光ファイバカップラの作製においては、用いた光ファイバ11はコアにGe（ゲルマニウム）、クラッドにGeとF（フッ素）を添加した光ファイバである。光ファイバ11のコアおよびクラッドの屈折率は、それぞれ、 1.4624 および 1.4580 である。作製した光ファイバカップラは、波長依存性のあるカップラであり、例えば、Fig. 1においてポート①から波長 $1.55\text{ }\mu\text{m}$ 帯の信号を入力すると、ポート④へ出力される、という特性を有する。光ファイバカップラのテーパ部分の長さ L_c は、約 20 mm である。

グレーティング長を 2 mm とし、延伸比が 0.1 、 0.15 、 0.2 において光ファイバカップラのテーパの長さを変化させてグレーティング内蔵型光カプラを作製した。このとき誘起屈折率変化は、 0.001 とした。各場合においてBragg波長のポート2への出力効率をFig. 4、励起光のポート3への出力効率をFig. 5に示す。Bragg波長は $1.545\text{ }\mu\text{m}$ とし、励起光波長の波長は $0.98\text{ }\mu\text{m}$ とした。

延伸比 0.1 、テーパの長さ 20.5 mm のとき、Bragg波長のポート2への出力効率は 67.6% 、励起光波長のポート3への出力効率は 99.9% となる。このとき $0.98\text{ }\mu\text{m}$ 帯のポート3への出力特性をFig. 6、 $1.545\text{ }\mu\text{m}$ 帯のポート2への出力特性をFig. 7に示す。

本結果より、カップラのテーパの形状を変化させることにより、光増幅用の励起光をほぼ 100% 取り除き、なおかつ、増幅される信号光の中からBragg波長に対応する信号光を合波または分波することが可能となる。

以上述べたように本発明によれば、信号の多重分離のみならず特定の波長を追加する機能を有し、不要になった励起光を有効に取り除くことができ、取り出す

信号光の影響を抑えることが可能となる。更に、出来上がったデバイスは、サーキュレータ等の光部品を使用せず、全て光ファイバにより構成されているため伝送路との親和性がよく、低接続損失で安価な波長多重伝送システムを提供するデバイスとなり得る。